



産業分野への無線適用と ISA100 Wireless

2013年11月7日
ISA WCI 日本支部
四蔵 達之

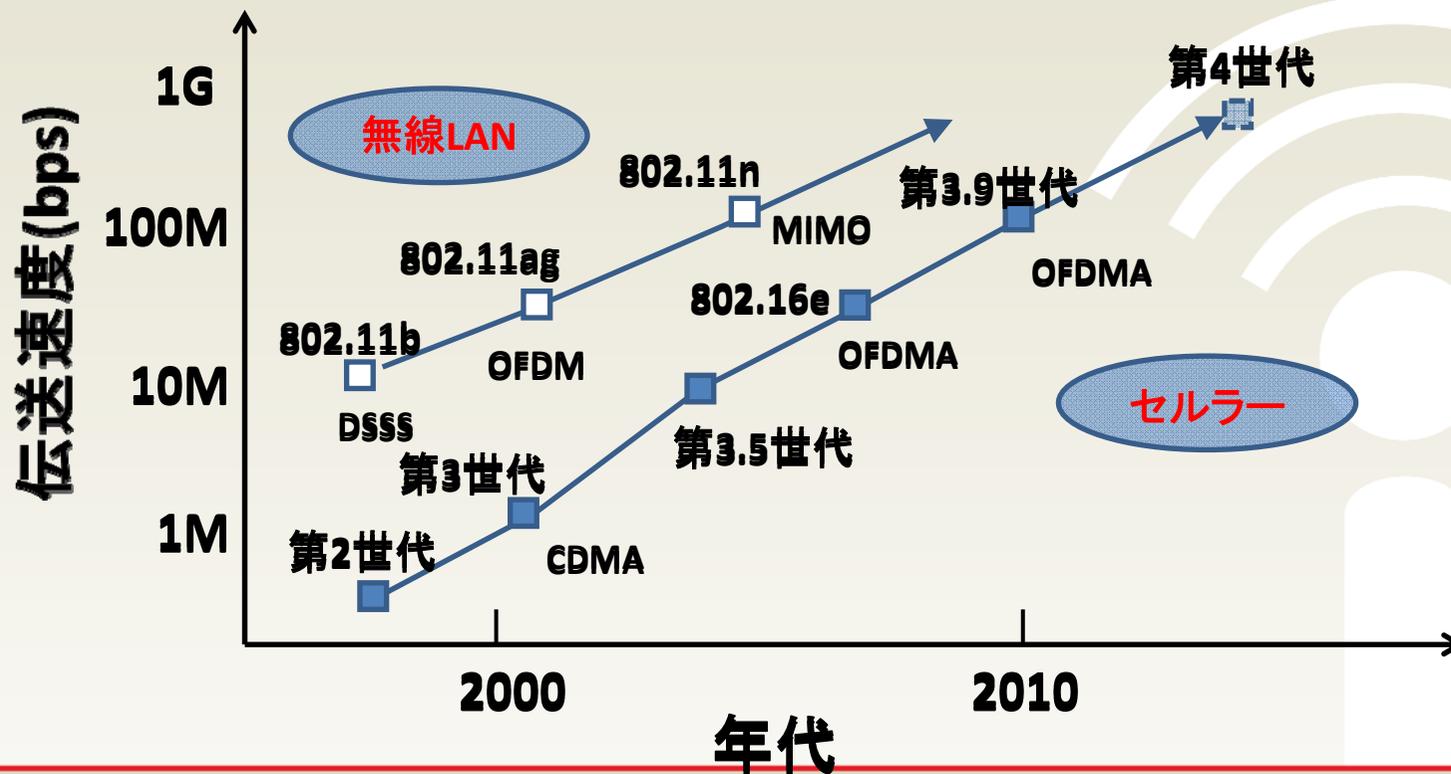
目次

- **無線技術の変遷**
 - － 民生分野
 - － 利用分野の拡大の動きと適用技術
- **工業用無線 ISA100Wirelessの紹介**
 - － 工業用無線のニーズ
 - － ISA100.11a技術の特長
 - － ISA100 WCIの紹介
- **通信品質と電波物理**
 - － 通信品質を決める要素
 - － 各要素の概要
- **まとめ**



無線技術の変遷：民生分野

無線LAN, セルラーは無くてはならないものに
10年で, 通信速度100倍
これを実現する技術の高度化DSSS⇒OFDM⇒MIMO



携帯電話

1979年 ~自動車電話サービス開始~



1987年 ~NTTが携帯電話サービス開始~



1991年 ~アナログムーバ~

電話



1999年 ~iモード開始~

電話+メール



~2Mbps

2004年 ~おサイフ携帯電話~

電話+メール+決済



~14Mbps

現在 ~スマートフォン~

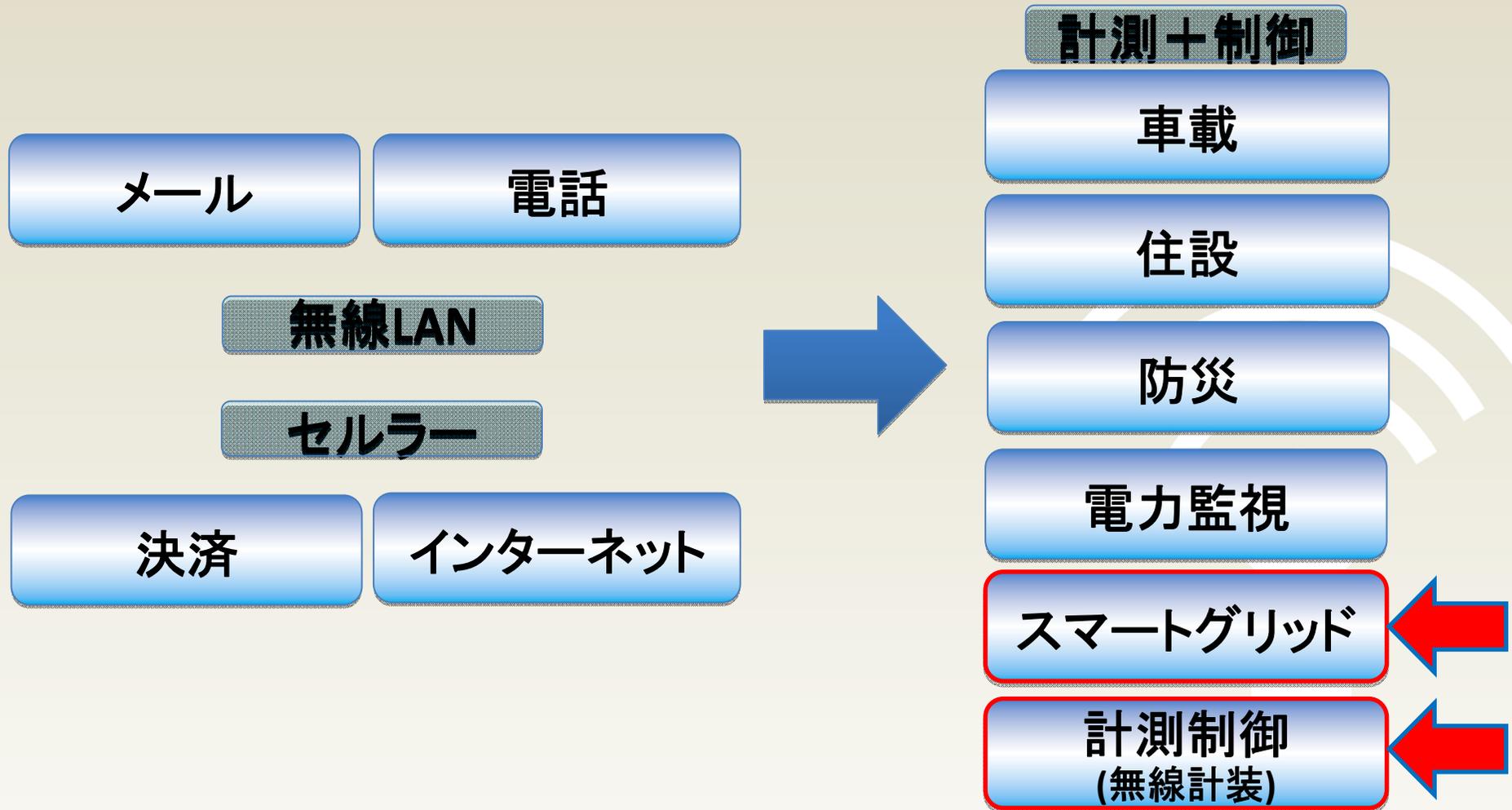
電話+メール+決済+テザリング
+モバイルPC?



~ 75Mbps

小型化, 高速化, 高機能化

無線の利用分野拡大への期待

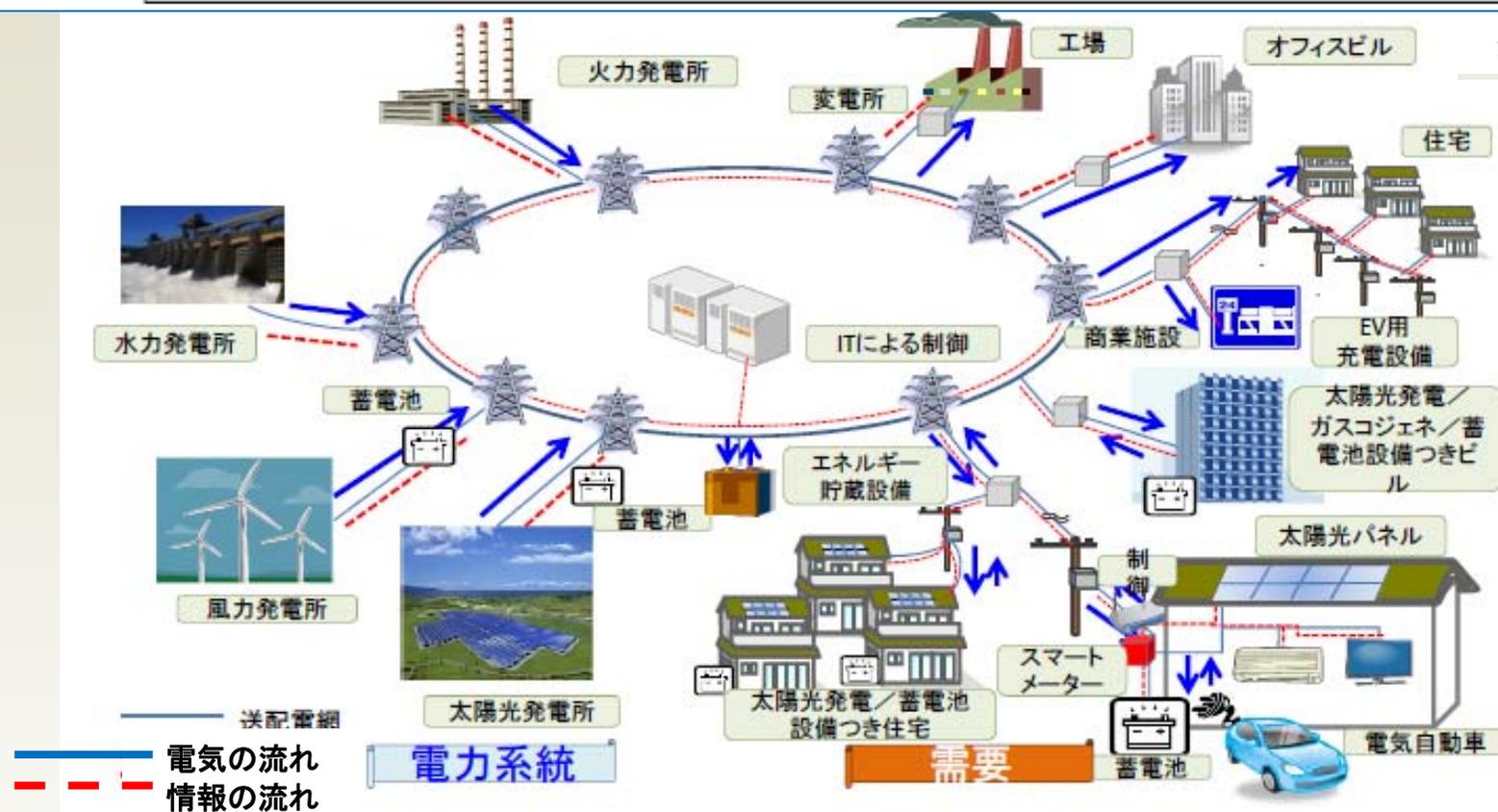


無線適用が期待される分野:スマートグリッド

「スマートグリッド」とは

定義

電力と情報の双方向ネットワークを整備し、リアルタイムにエネルギーの需給調整を行う「賢い電力網(スマートグリッド)」



スマートグリッド向け通信方式:アーキテクチャ

メディア(物理層), アプリケーション層は, 種々の方式
 中間層(ネットワーク/トランスポート層)は,
IP技術(IPv6/6lowPAN,TCP/UDP)を適用

OSIモデル (プロトコルスタック)	無線		PLC(電力線搬送通信)	
	Wi-SUN	Zigbee IP	G3-PLC	ISO 15118
L5-L7: セッション層 -アプリケーション層	ECHONET Lite	SEP	COSEM ECHONET Lite	V2GPT, Smart Charge
L4: トランスポート層	TCP,UDP	TCP,UDP	UDP	TCP,UDP
L3: ネットワーク層	6lowPAN, IPv6	6lowPAN, IPv6	6lowPAN, IPv6	IPv6
L2: データリンク層	IEEE802.15.4/ 4e	IEEE802.15.4	ITU.T G9903	IEEE1901 HPGP
L1: 物理層	IEEE802.15.4g	IEEE802.15.4	ITU.T G9903	IEEE1901 HPGP

マイコン
ファームウェア,
ソフトウェア



PLC-IC



RF-IC



アンテナ



スマートグリッド通信方式：ユーティリティの声

2020年の運用に耐える通信技術

⇒ 工業計測(計測制御)分野も同様であり、
民生分野との相違点

大規模展開するスマートメーター通信技術として
Enexis はG3-PLC を選択しました

PLC はGPRSと比較して トータルコストを抑えられます

GPRSは技術的に問題なく運用されていますが、Enexis は PLCへ移行します

- PLC メーターはGPRSメーターよりも安価
- PLC のデータ通信費用は GPRS よりはるかに安価
- PLC はテレコムオペレーターのベンダーロックの影響を受けない (GPRSはSIMカードで限定される)
- PLC はヨーロッパで最も広く採用されているデータ通信技術

Enexis は公的資金を使用しているため、コストを出来る限り最小に抑える必要があります

Enexis がG3-PLCを選んだ4つの理由

- 1 G3-PLC はEnd to End で IP通信が可能な設計度に優れた通信技術 
- 2 G3-PLC は非常に新しい技術ではあるが、2020年という運用目標に合致する 
- 3 ERDF というメジャーな世界的に影響のある電力会社が G3-PLCを推進 
- 4 G3-PLC はITU国際標準規格のひとつです 



目次

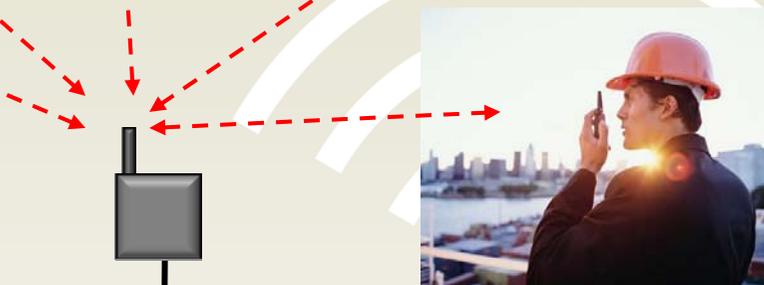
- 無線技術の変遷
 - 民生分野
 - 利用分野の拡大の動きと適用技術
- **工業用無線 ISA100Wirelessの紹介**
 - **工業用無線のニーズ**
 - **ISA100.11a技術の特長**
 - **ISA100 WCIの紹介**
- 通信品質と電波物理
 - 通信品質を決める要素
 - 各要素の概要
- まとめ



工業用無線のアプリケーション

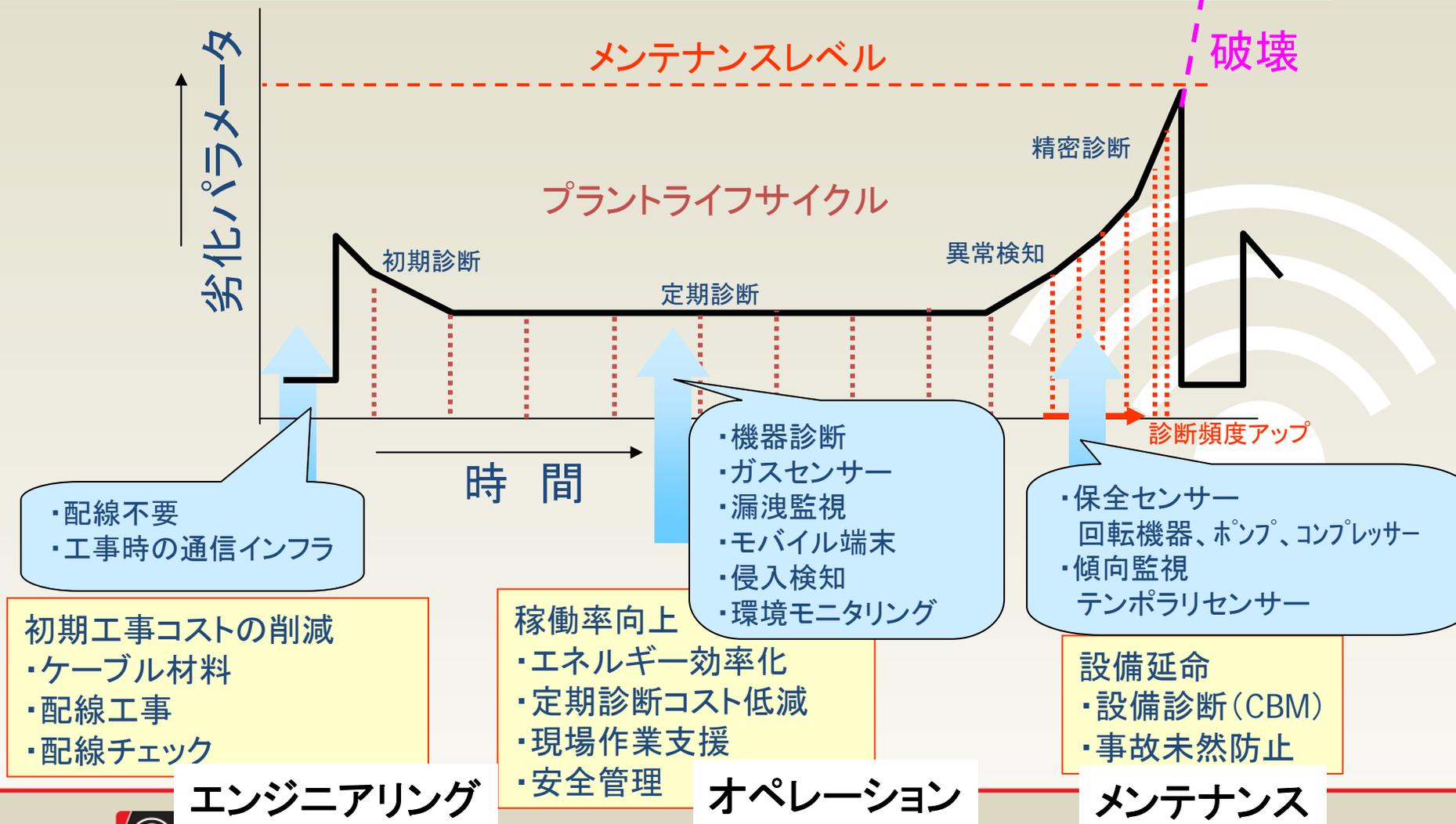


- 井戸元の監視
- プロセスの遠隔監視
- 漏洩検知
- フィールド機器の診断
- 設備の状態監視
- 環境監視
- ガス漏洩検知
- タンクレベルの監視
- 現場作業支援
- :



プラントライフサイクルにおける無線技術の適用

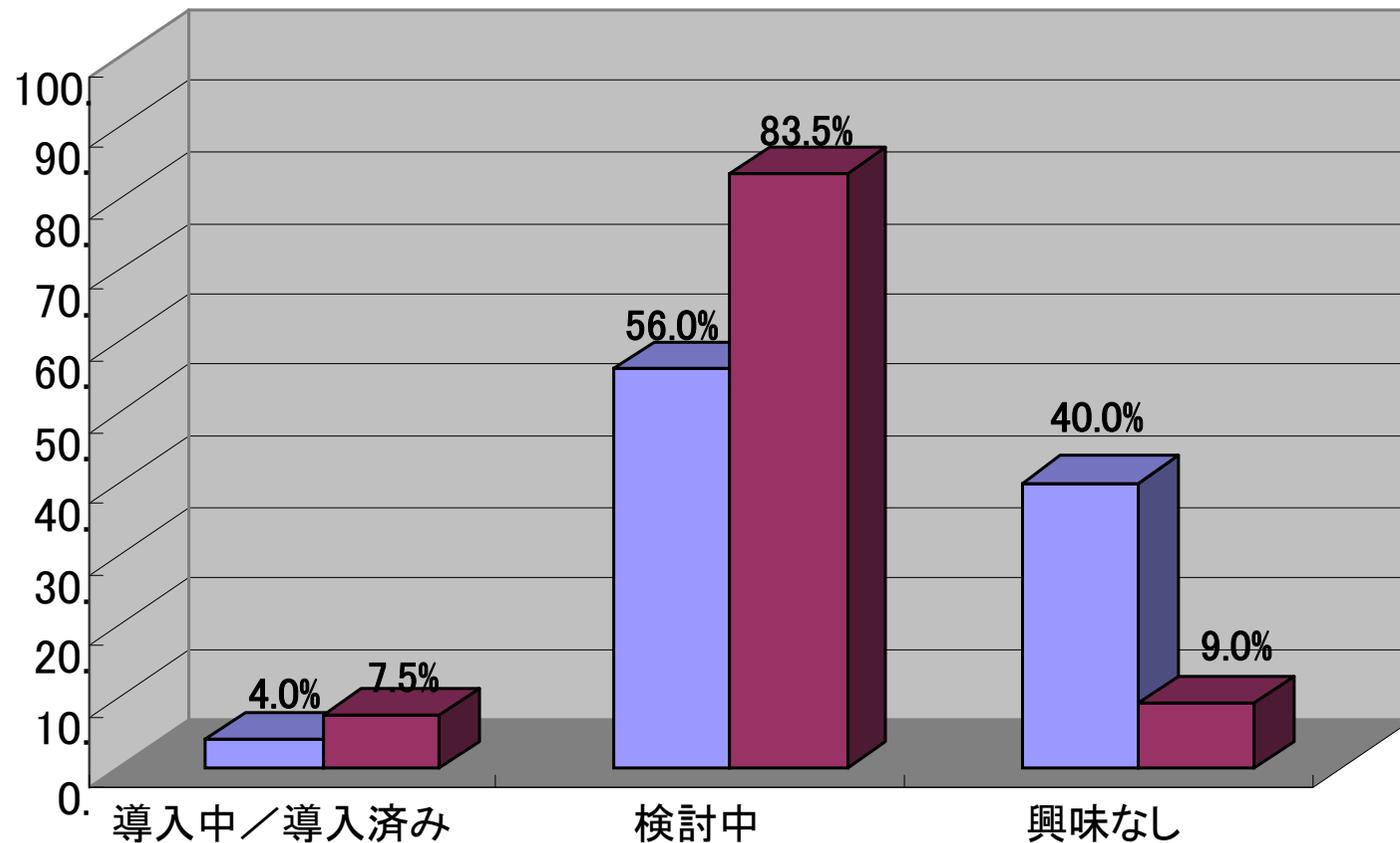
フィールドの無線化によりライフサイクルコストの低減が期待できる



国内ユーザ動向

国内ユーザも興味を持ち始めている

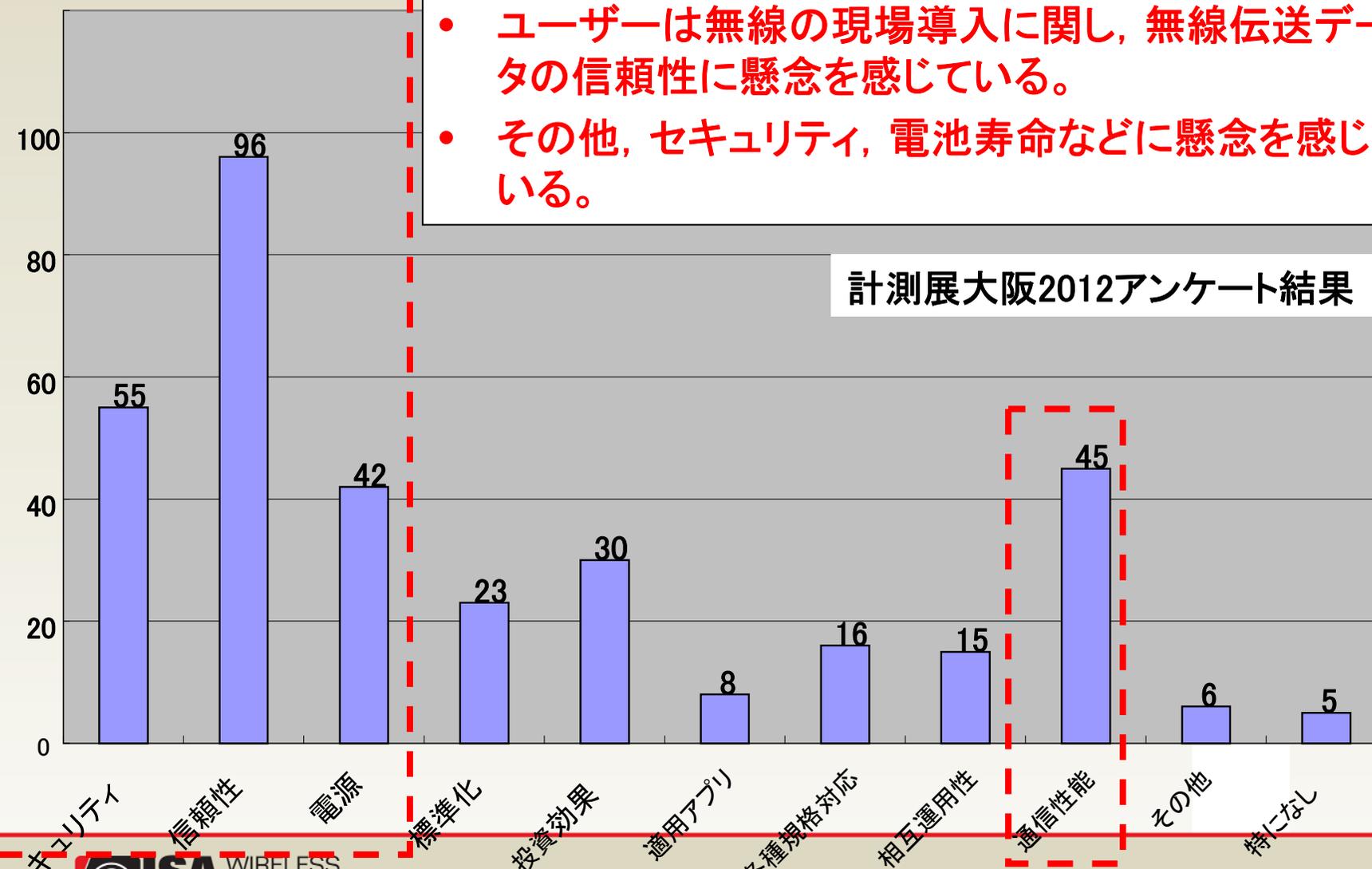
■ 2011年度計測展
■ 2012年度計測展



工業用無線の現場導入に関する懸念事項

- ユーザーは無線の現場導入に関し、無線伝送データの信頼性に懸念を感じている。
- その他、セキュリティ、電池寿命などに懸念を感じている。

計測展大阪2012アンケート結果

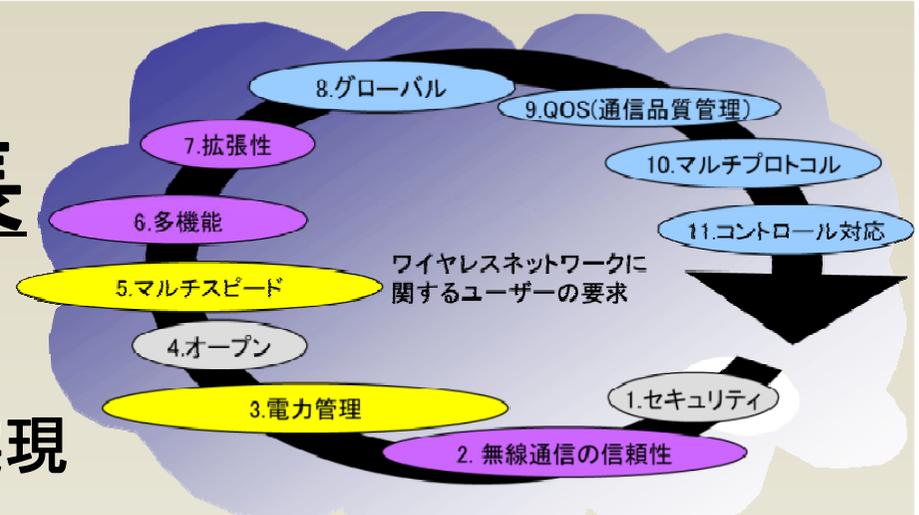


ユーザ要求を満たす無線技術ISA100.11a ISA標準化組織:ISA100委員会

- 2005年にISA(国際計測制御学会)の**標準化委員会**のひとつとして設置
- **工業用無線技術の標準化活動**を体系的に実施 ……→ ISA100.11a,etc
 - **250**の企業から、**400名**以上が委員に登録
 - 世界各国の各方面の専門家が参加
 - 無線機器、ネットワーク機器、フィールド機器、制御システムベンダー、他
 - **合意形成型の標準化審議プロセス**
 - ユーザ、メーカ、その他の委員の適正な構成比率



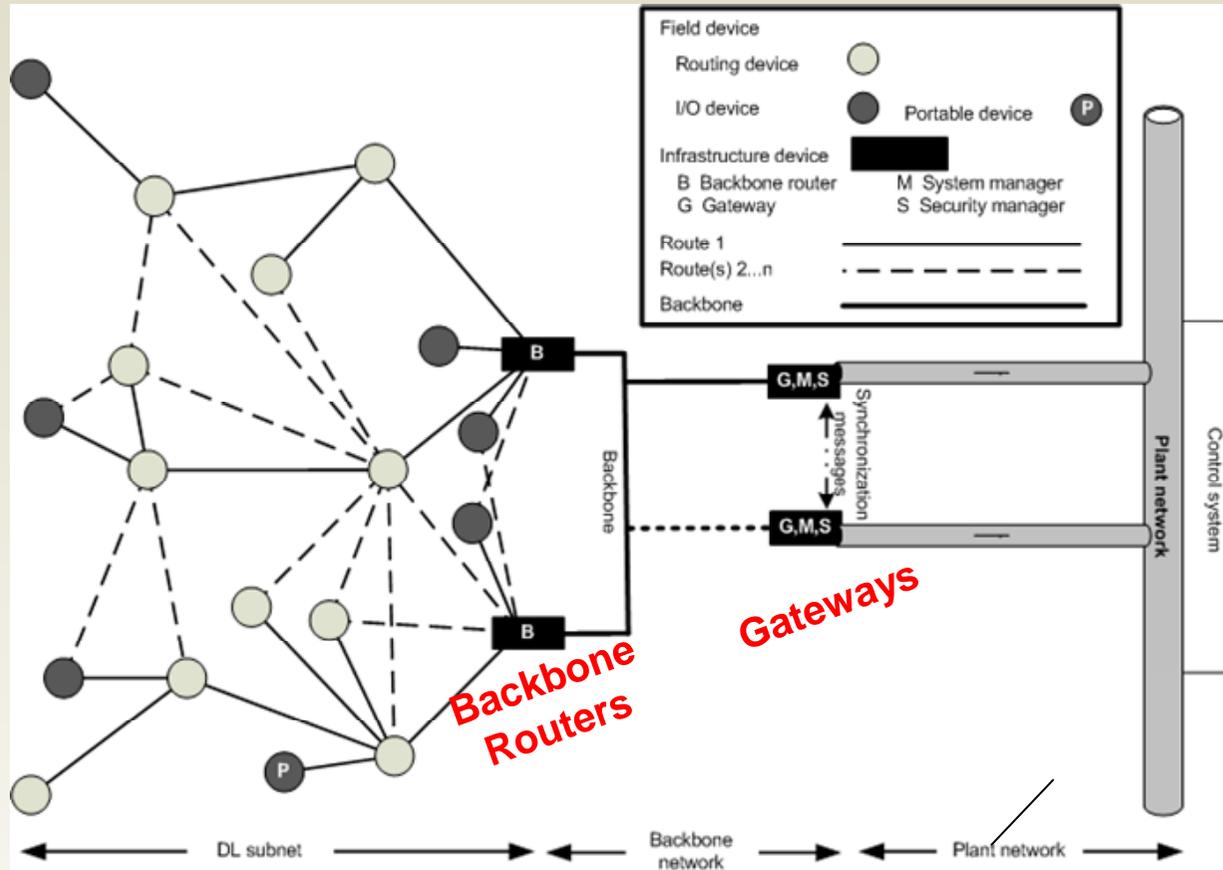
ISA100.11aの特長



様々なユーザ要求をバランスよく実現

1. ISA100は工業用の無線技術を体系的に扱っているファミリー規格
2. モニタリングからコントロールまでの幅広い用途に適用可能
3. 高いセキュリティ機能 (暗号化、認証による盗聴、改ざん、成りすまし防止)
4. 信頼性の高い無線ネットワーク(メッシュ、経路二重化、Chホッピング)
5. IPアドレッシング (将来性と拡張性のあるIPv6対応)
6. バックボーンルーティングによる拡張性と柔軟性を備えた無線ネットワーク
7. 非中継機能による低コスト機器の提供(バッテリー長寿命化)
8. マルチプロトコル対応 (FF, HART, Profibus, Modbus, OPC, etc)
9. WCIIによる相互運用性の保証: マルチベンダー環境の実現

ISA100.11a ネットワーク



Wireless Mesh

IP Backbone

Plant Network

Backbone Routers

Gateways

Refer to:
ISA100.11a-2009 5.3

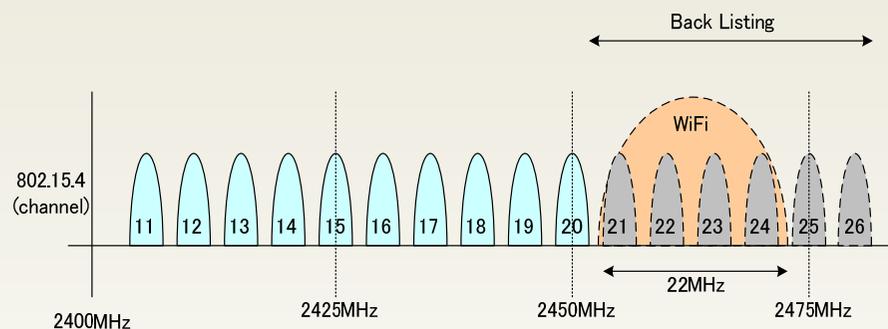
ISA100.11a

通信の信頼性

-複数の方式を具備

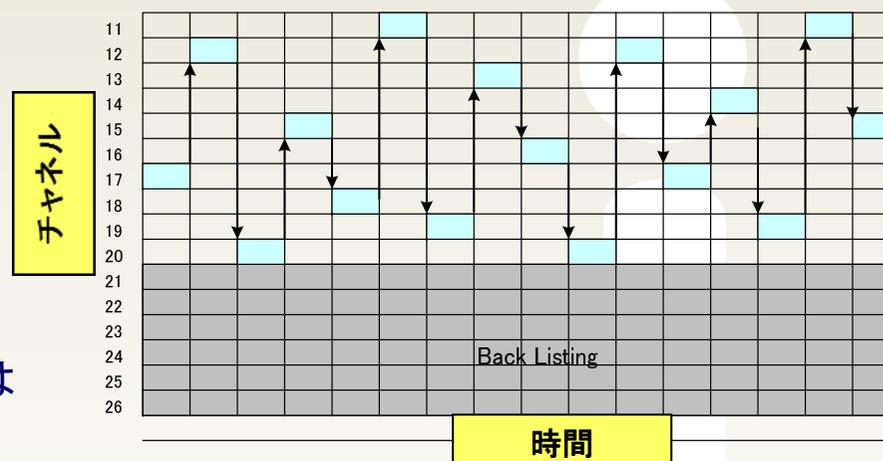
- チャンネルホッピングによる干渉回避
- チャンネル・ブラックリストによるWiFiとの共存
- メッシュネットワークによる伝送ルート of 冗長化
- Duo cast //

無線チャンネル配置とWiFiとの共存



- IEEE 802.15.4 ラジオ: 2.4GHz ISMバンドは世界中で免許不要で利用可能な周波数帯

チャンネルホッピング



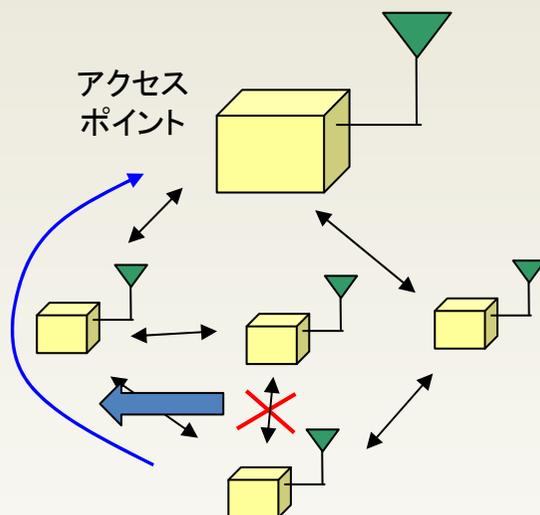
ISA100.11a

通信の信頼性

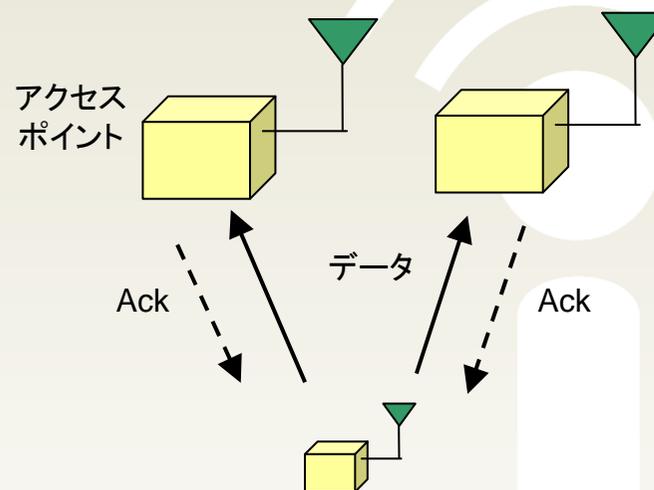
-複数の方式を具備

- チャンネルホッピングによる干渉回避
- チャンネル・ブラックリストによるWiFiとの共存
- **メッシュネットワークによる伝送ルート の冗長化**
- **Duo cast** //

メッシュネットワーク



Duo cast

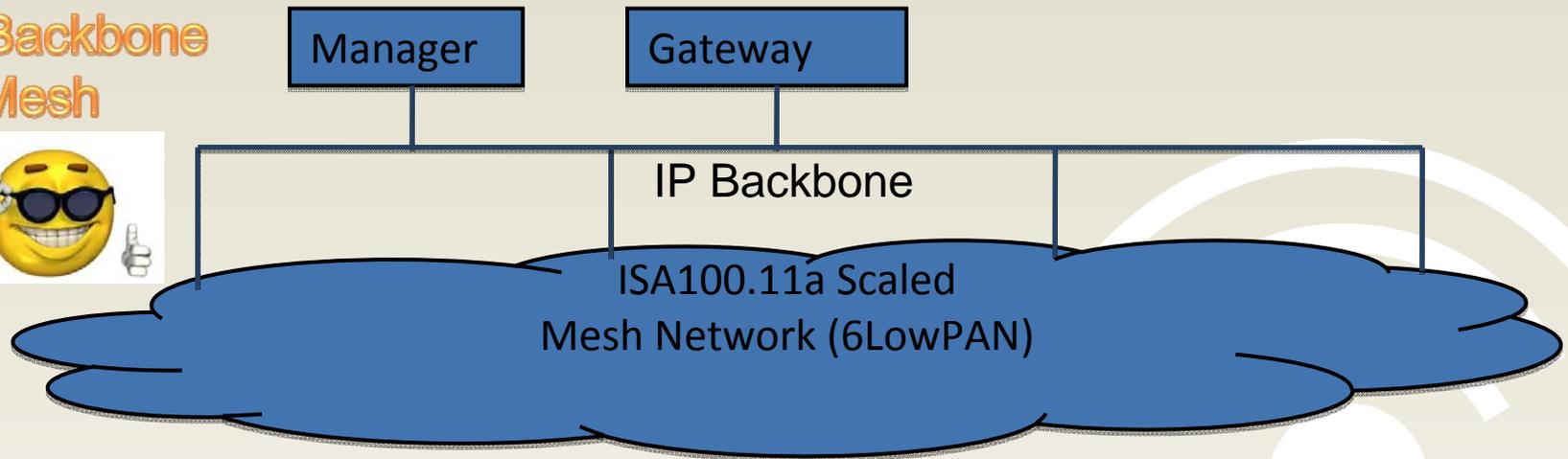


ISA100.11a

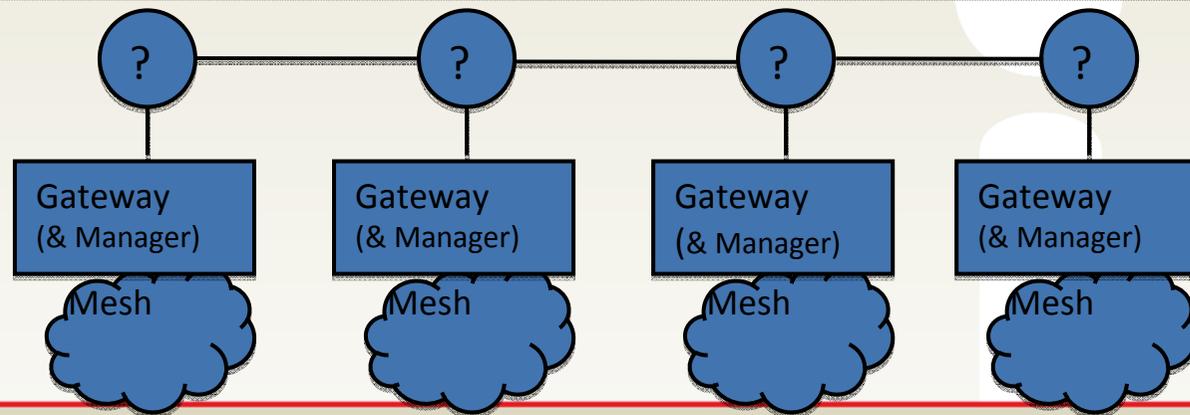
拡張性

- ISA100.11a ネットワークアーキテクチャはIPベース

IP Backbone
to Mesh



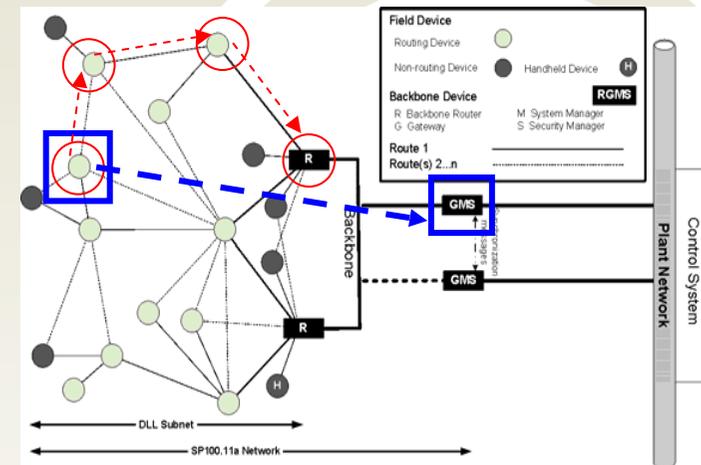
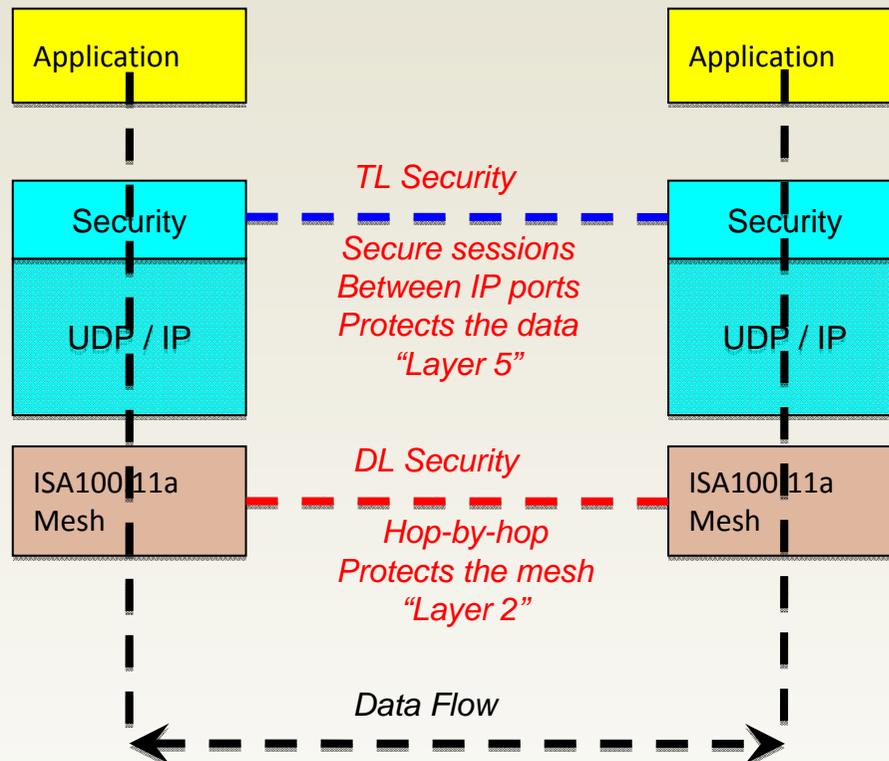
Mesh to
Gateway



ISA100.11a

セキュリティ

- データリンクとトランスポート層のセキュリティ
- AES 128 暗号化
- Over The Air (OTA) プロビジョニング



ISA100.11a

多機能

- タイムスロット長の柔軟性
 - TDMA, CSMA, TDMA/CSMA

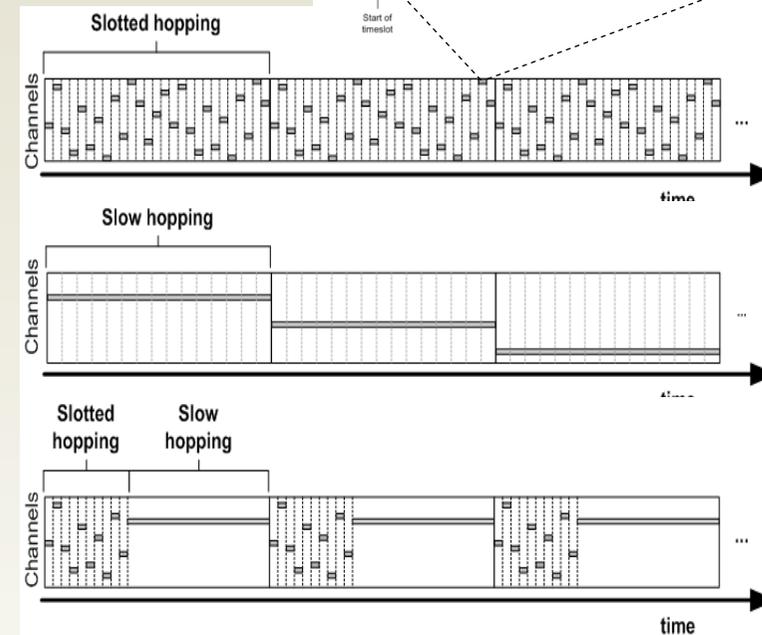
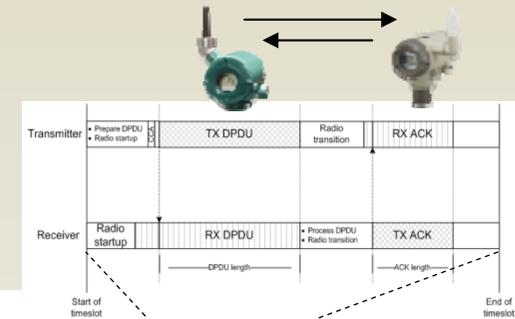
時間確定型応答通信用(例: プロセスデータ)

- Slotted hopping mode (TDMA)
(TDMA: Time Division Multiple Access)

振動波形のようなデータサイズの大きいデータ伝送用

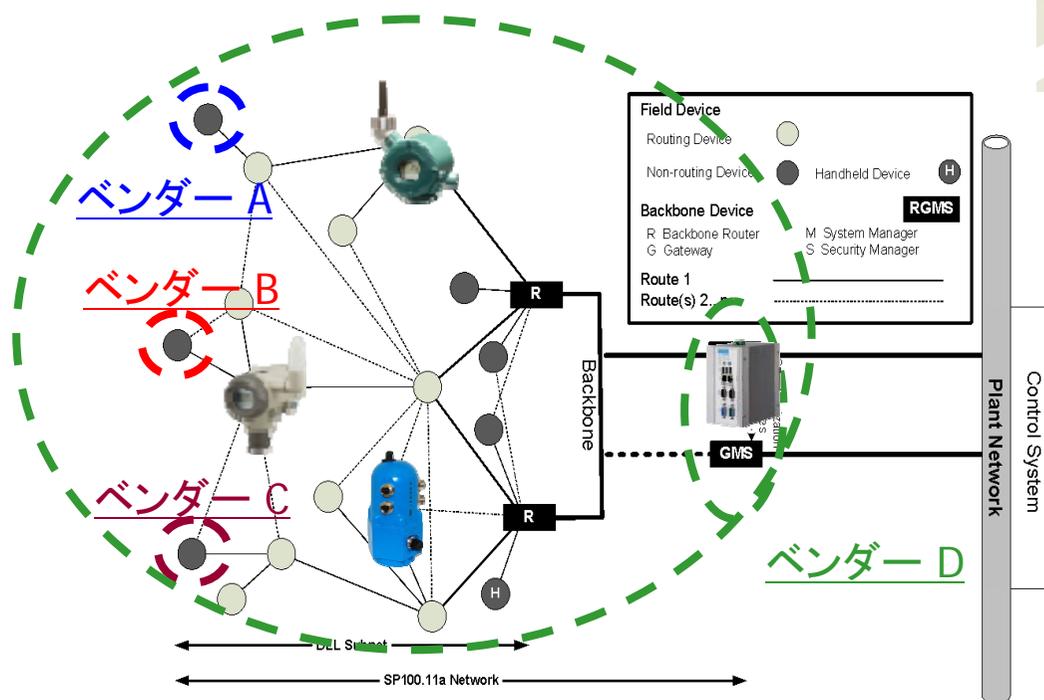
- Slow hopping mode (CSMA)
(CSMA: Carrier Sense Multiple Access)

- Hybrid mode (TDMA/CSMA)



ISA100.11a オープン

- 複数ベンダーの機器による相互運用可能な無線ネットワーク
- **IEC 62734 CDV可決 (2013年10月)**
- WCI がISA100.11a 規格適合性を認証

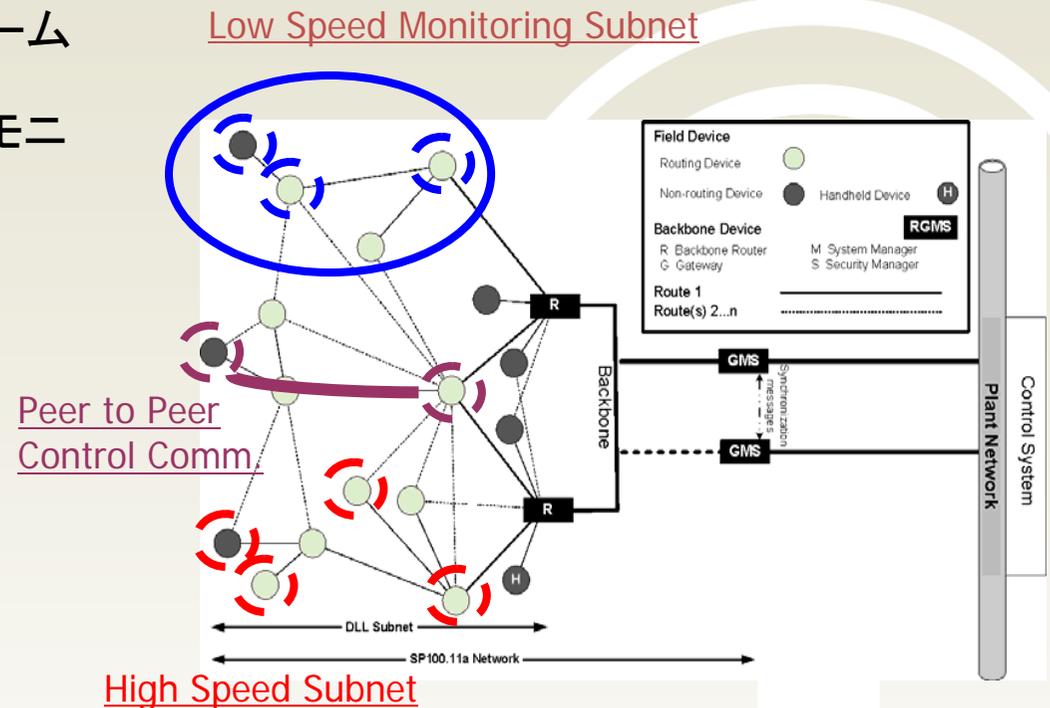


ISA100.11a

マルチ・スピード

-マルチ・サブネットによる異なる
アプリケーション(更新周期)への対応

1. 即時性を要求しない手動・自
動化モニタリング又はアラーム
2. 即時性を要求する自動化モニ
タリング又はアラーム
3. 自動化コントロール:P2P



ISA100.11a

マルチプロトコル

- ネイティブ モード

- 基本的なファンクション・ブロックはサポートされている: AI/AO, DI/DO

- Publish (input) / Subscribe (output), Alerts (events and alarms), Bulk transfer

- トンネリング

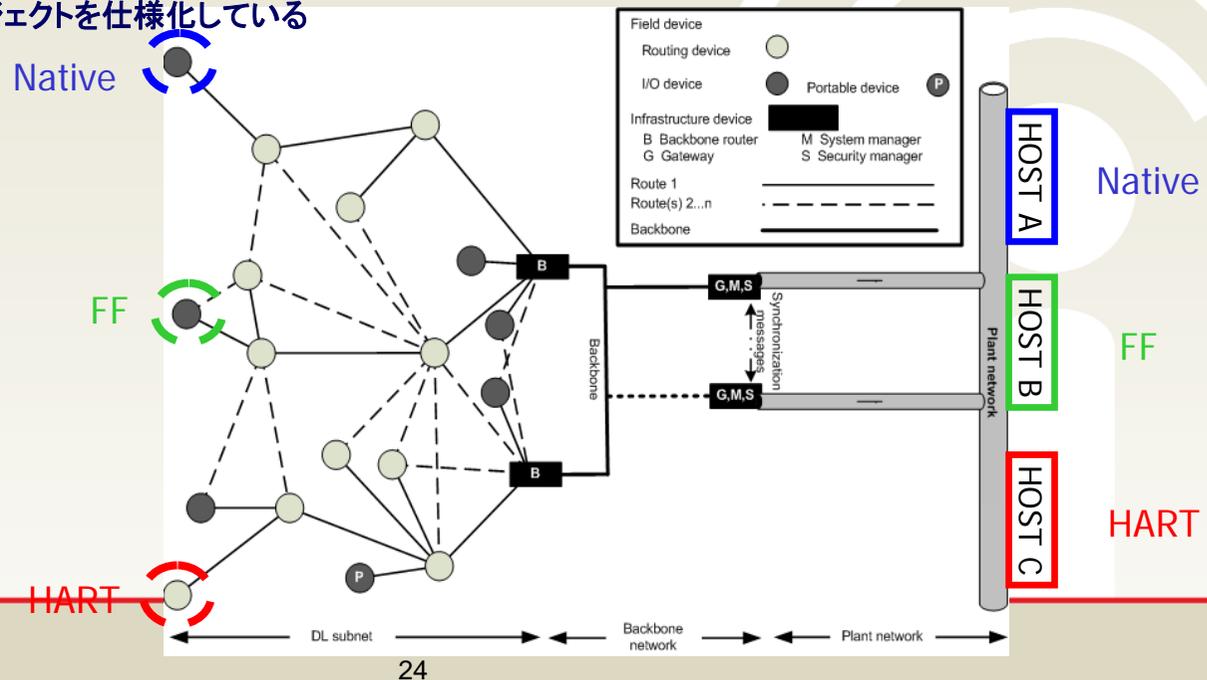
- ISA100.11a上でのレガシーフィールドバスコマンド/サービス

- 例: HART コマンドをISA100.11a経由でトンネリングして伝送することが可能

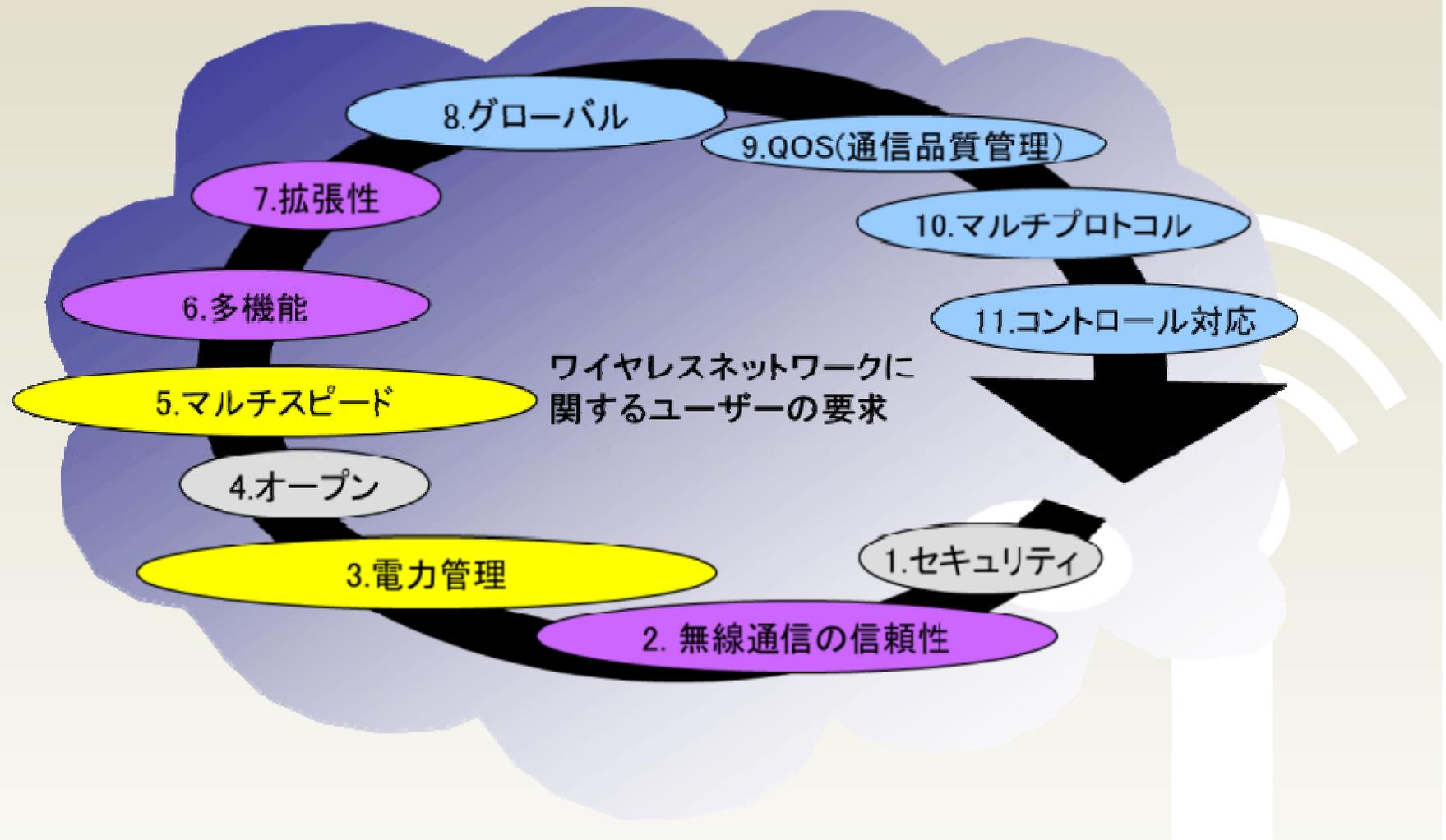
- 拡張ネイティブモード

- ISA100.11a ネイティブモードを利用して拡張オブジェクトを定義(制御バルブ、振動伝送オブジェクトなど)

- WCIが新しいオブジェクトを仕様化している



まとめ:ISA100.11aは工業用無線センサーネットワークに
要求されるユーザーの声に基づいて作られた規格です。

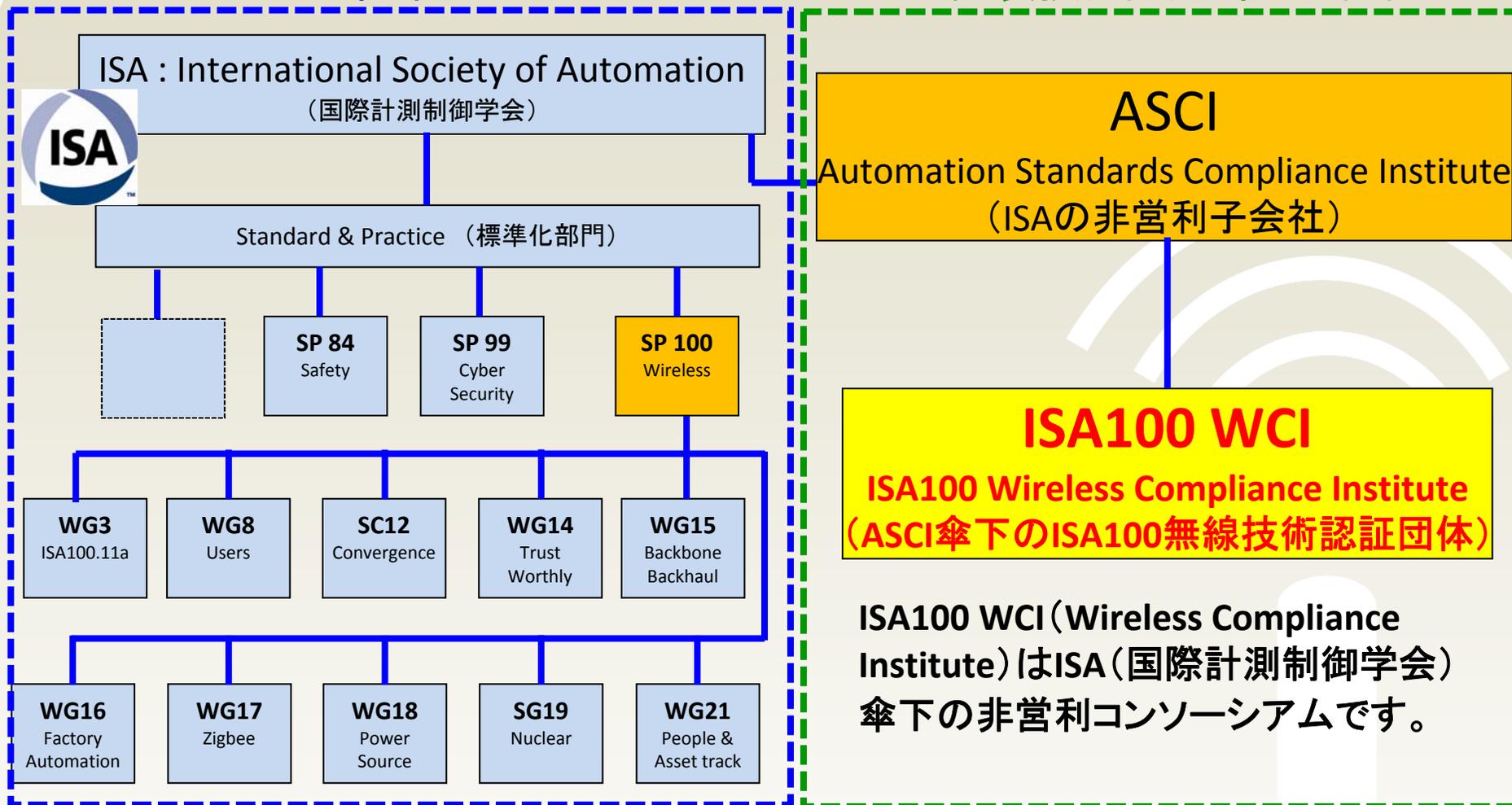


ISA100WCIの紹介

ISA標準化組織とISA100WCIの関係

標準化

実装技術開発・普及・認証



ISA WCIの概要

- ISA100Wirelessを導入するユーザや製品開発するベンダーを支援するための組織
 - 相互運用性のための規格適合試験の実施と認証作業
 - 市場認知度向上に向けた推進活動と教育活動
 - 技術的支援とツールの提供
- ISA100無線技術の実装と導入に必要な時間, コスト, リスクの低減をミッションとして上記支援活動を実施

ISA 100 Wireless™ Compliance Institute 会員企業



ISA100 Technology™

ISA100 Wireless™

ISA100 Backhaul™

ISA100 Power Sources™

- ISA100.11a
- 機器定義ファイル
- プロビジョニング
- ...

ISA WCI 主なプレスリリース/イベント

	プレスリリース (http://www.isawci.org/)	イベント
'11	9月: ISA100 Wireless Standard Recieves IEC Approval 10月: Eltav Monitoring(加盟) 12月: Phoenix Contact (加盟) 12月: ISA100 Wireless Standard Approved as American National Standard	2009~: Arkema plant 7月: 技術セミナ(東京) 8月: プラント現場での通信試験 11月: 計測展(東京)
	2社	
'12	1月: TLV(加盟) , Perpetuum(加盟) 2月: Rohrback Cosasco Systems(加盟) 5月: John Crane(加盟) 9月: ISA100 WCI Announces New ISA100.11a Product Certifications(相互接続) 10月: Forbes Marshall(加盟) 11月: ISA100 WCI Conducts Successful Interoperability Trial(相互接続)	4月: Hannover Messe 6月: 技術セミナ(京都) 10月: 計測展(大阪)
	5社 (国内1社)	
	<ul style="list-style-type: none"> ・加盟企業は着実に増えている(赤) ・IEC化も着実に進んでいる(青) ・機器の相互接続試験も実施(オレンジ) ・ユーザと連携し、フィールドテストを支援(緑) 	
'13	6月: New Cosmos Electric Company(加盟) 10月: Crack Semiconductor(加盟) 10月: ISA100 Wireless Standards receives approval in IEC technical Voting CDV可決	4月: Hannover Messe 4月: 技術セミナ(東京) 10月: プラントでのフィールドテスト
	2社 (国内1社)	

マルチベンダーテスト@Arkema社



Arkema plant in Crosby, Texas



Yokogawa: 圧力伝送器



Gastronics: SO2 ガス検知器



Honeywell: デジタル I/O



Honeywell: 温度伝送器



Honeywell: バックボーンルーター
Nivis: ゲートウェイ

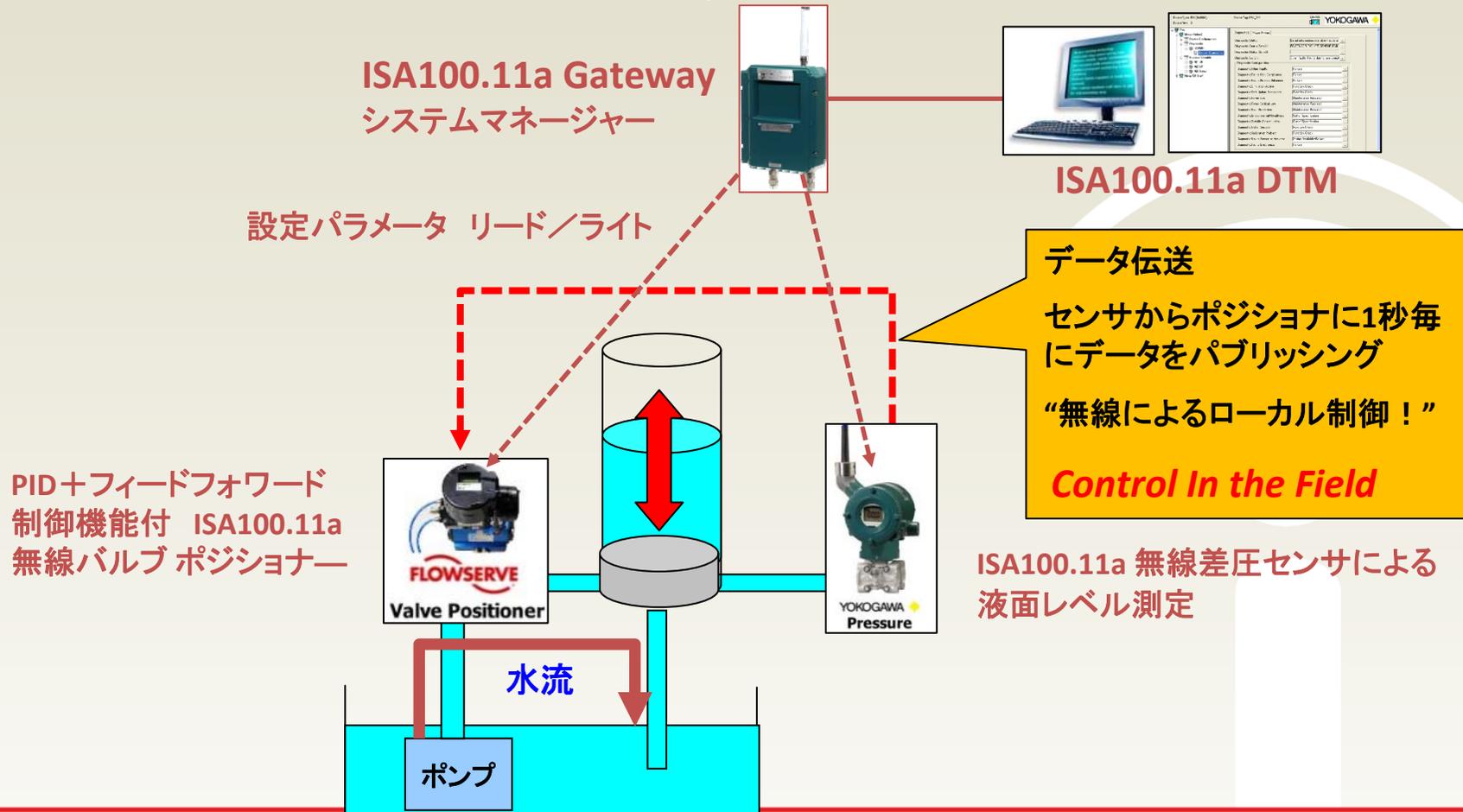
ユーザーサイトでのISA100.11a マルチベンダー相互運用性テストを実施

液面制御デモ @Hannover Messe 2013

デモ動作: 45秒毎にセットポイントをポジションが自動変更 ;

SP= 25% -> 37.5% -> 50% -> 62.5% -> 50% -> 37.5% -> 25%

デバイスコンフィグレーション、メンテナンスはGateway を介してISA100.11a DTMで実行



マルチベンダーフィールドテスト @国内プラント



報道関係各位

2011年11月16日

ISA100 WCI (Wireless Compliance Institute)

ISA100 WCI (Wireless Compliance Institute)は、国内有数の石油化学製品メーカーである三菱化学株式会社の水島事業所において、ISA100.11a 準拠機器による無線通信性能試験が成功裡に行われたことを発表しました。

ISA100 WCI は、工業用無線通信性能試験を実施しました。

**無線通信性能と相互運用性を
ユーザサイトで実証**

http://www.isa100wci.org/ja-JP/Documents-Japan/Press-Release-JP/20111116-ISA100-WCI-User-Site-Test-Mizushima_JP.aspx

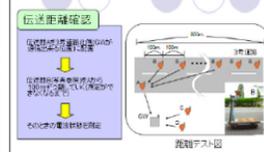
2013年のフィールドテストの詳細は、下記にて説明致します。

- ・技術セミナー(11/7):「無線計装への期待とフィールドテストによる検証」
- ・ISA WCIブース



試験結果: 伝送距離確認とパステスト

3. ワイヤレス計装システムフィールドテスト



**遮蔽物なしにて600mの通信距離
予備ルートへの切り替えを確認**

4. フィールドテストまとめ

- ・伝送距離確認において、遮へい物がなければ600メートル程度までは送信可能であることを確認
- ・パステストにおいて、予備ルートへの切替を確認

3. ワイヤレス計装システムフィールドテスト



試験結果: 遮へい物テスト

**遮蔽物材質の
影響を確認**

遮へい物テスト(スレート)



・スレートを全面から離れた場合と前・後ろをスレートした材料での結果を調査

遮へい物テスト(金網)



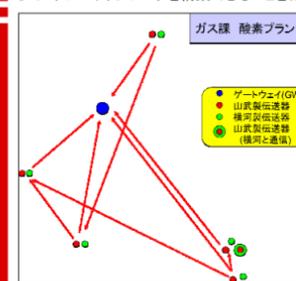
材質	結果	結果	結果
コンクリート	山	山	山
伝送距離(m)	○	○	○
伝送距離(500m)	△	△	△
伝送距離(300m)	×	△	△
伝送距離(200m)	○	○	○
伝送距離(100m)	○	○	○
ガラス	○	○	○

・コンクリート、ガラスは電波状態に影響がない
 ・遮へい物は影響がない
 ・金属は電波状態が悪くなっている
 ・遮へい物になり得る

試験結果: 相互運用性他計器接近テスト

異なるベンダー間の機器の相互運用性の確認

山武製伝送器と横河電機製伝送器が相互通信してメッシュネットワークを構築できることを確認



**異なるベンダ機器
の相互通信を確認**



- ・プラント内の他の計器に近接させて、相互に影響がないかをテスト
- ・特に影響は見られなかった

<http://www.venus.dti.ne.jp/~isaj/PressConference2011/ISA100.pdf>

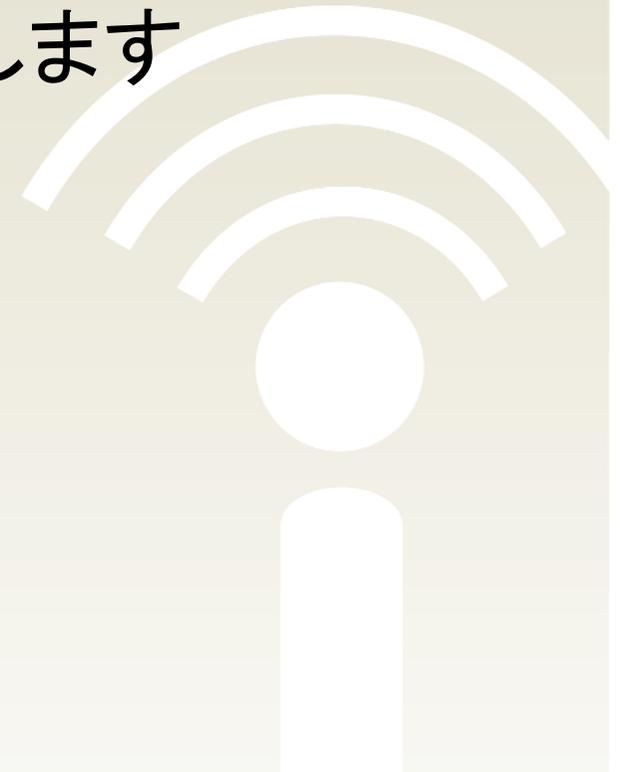
目次

- **無線技術の変遷**
 - 民生分野
 - 利用分野の拡大の動きと適用技術
- **工業用無線 ISA100Wirelessの紹介**
 - 工業用無線のニーズ
 - ISA100.11a技術の特長
 - ISA100 WCIの紹介
- **通信品質と電波物理**
 - 通信品質を決める要素
 - 各要素の概要
- **まとめ**



無線の品質と電波物理

- 無線への漠然とした懸念
 - 無線はわかり難い, 切れやすい, ……
- ここでは, 下記について概説します
 - 無線通信の品質
 - 電波の特性
 - 空間の伝搬損失
 - 雨, 雪の影響
 - アンテナ



無線通信の品質とは

- 通信品質を表す指標

- **RSSI**: 受信電波の強さを示す指標。無線ICに測定機能あり。
- **パケットエラー率(PER)**: 送信データ数と受信データ数の比率。再送数は送信データ数に含めることが重要。
- データロス: 上位に伝送できなかったデータ数。再送, **メッシュネットワーク, Duo cast**などの機能により最小化可能。
- **遅延時間**: 再送回数が増えると増加。



Note

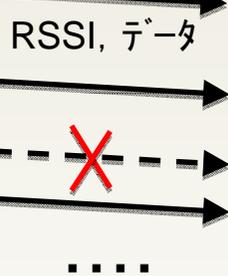
PER=10%

データロス ≒ (PER)再送回数+1

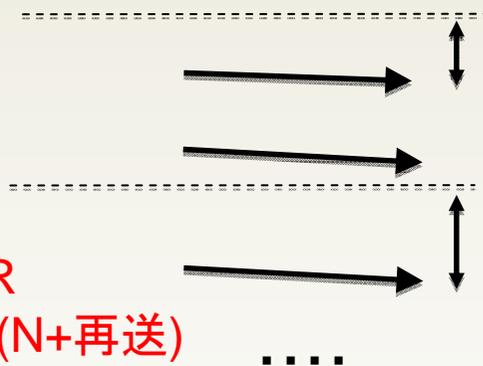
データ数: N

送信数: N+再送

時間



PER
= N / (N + 再送)



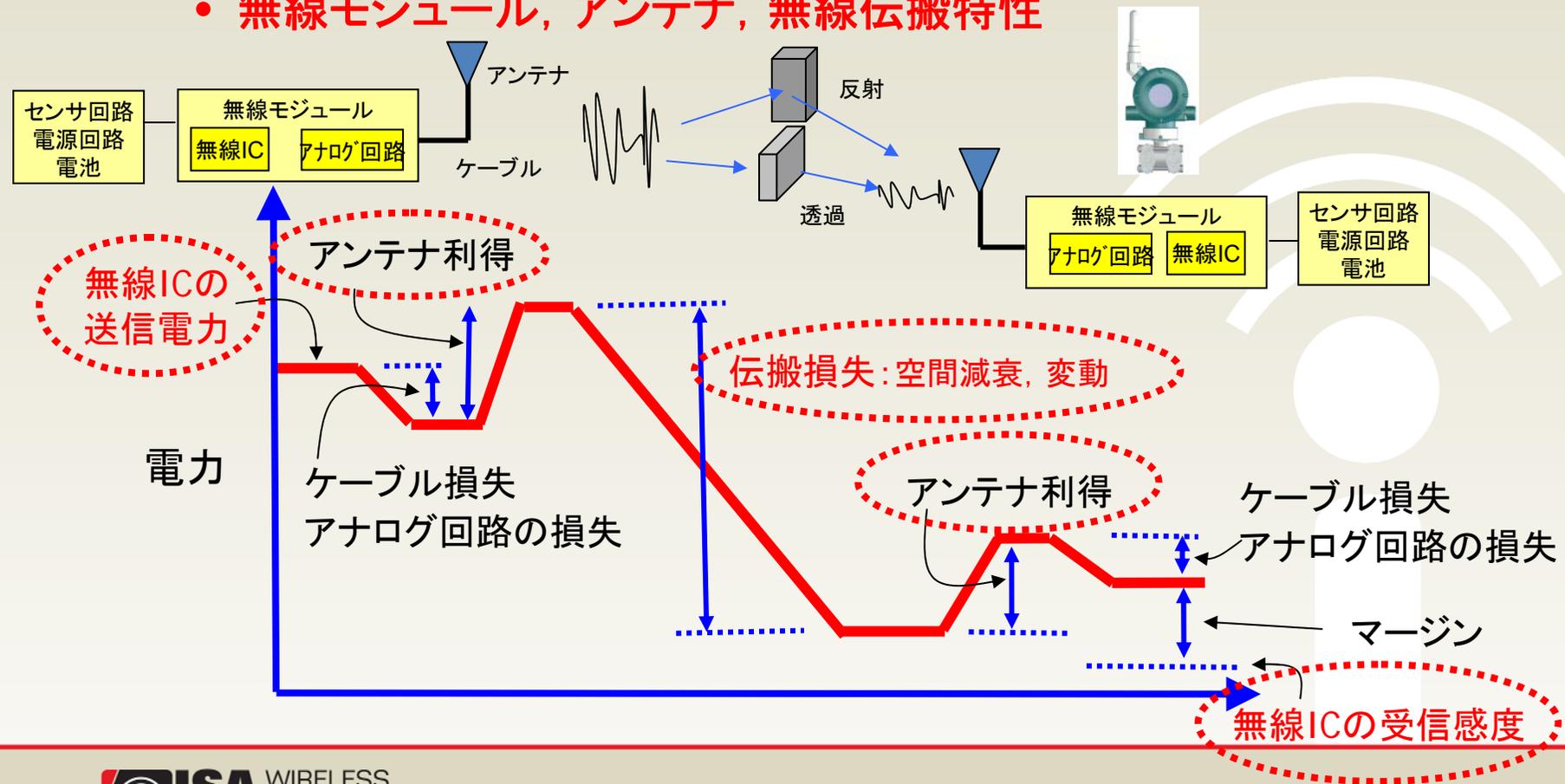
遅延時間

遅延時間

受信データ数: Nr
データロス = N - Nr

電波の強さを決める要素

- 通信品質を分析する手法：回線設計（レベルダイアグラム）
 - 送信から受信までの損失・利得を要素ごとに分類：3要素
 - 無線モジュール，アンテナ，無線伝搬特性



無線IC(モジュール)の特性

• 送信電力

- 最大送信電力は、電波法で規定
 - 2.4GHzの場合、最大10dBm(+20%, -80%)

Note: dBmとは
dBm: 1mWを基準とした対数表記
0dBm⇒1mW
10dBm⇒10mW

• 受信感度

- 所定のビットエラー率を満たす受信電力
 - 例: -96dBm @BER=1%

- 最低値は、IEEEにて規定されているが、
無線IC(無線モジュール)で異なる場合あり

差106dBm
⇒約10桁の動作範囲

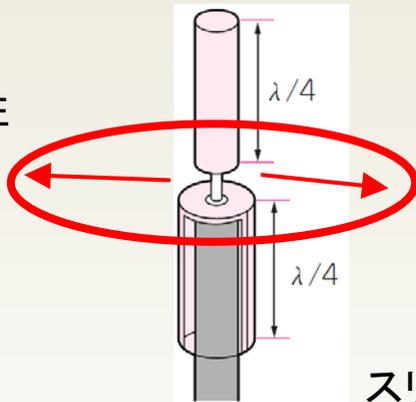


無線モジュール例

アンテナ

- 品質指標: 利得, 指向性
 - 帯域, 入力インピーダンス, VSWR, などもある
- 利得と指向性
 - 利得が大きいほど, 通信距離には有利
 - 一般に, 利得が大きいアンテナは指向性が鋭い
 - 所定の基準を満たせば, 高利得指向性アンテナは使用可能

指向性



スリーブアンテナ (利得2.14dBi)



対数周期アンテナ: 利得10dBi



VHFアンテナ

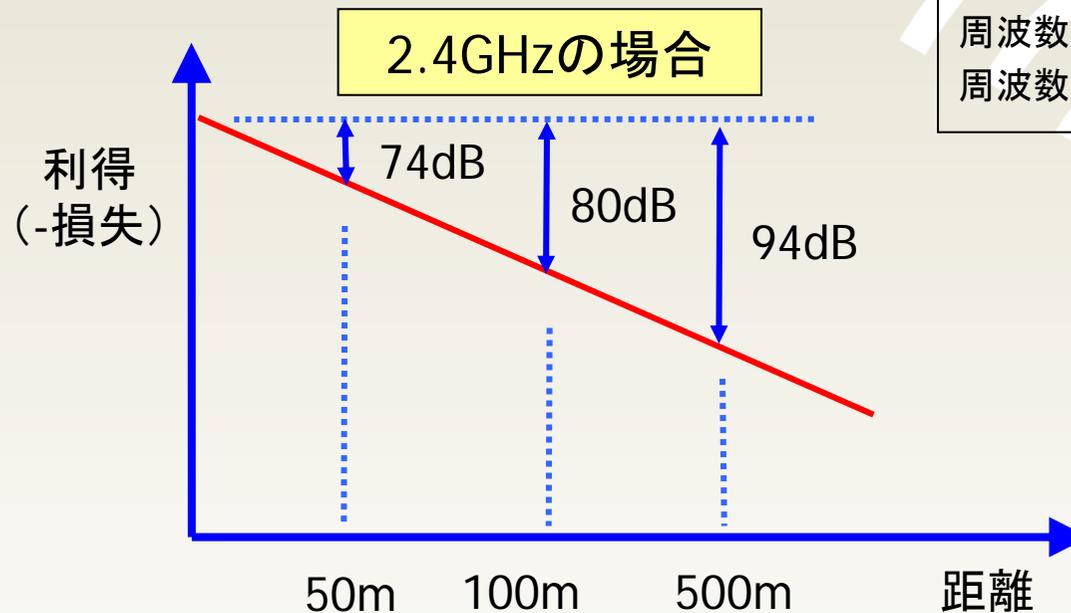
電波伝搬の基礎：自由空間損失

• 自由空間での損失

- 距離の-2乗に比例
 - 球面波の面積
- 波長の2乗に比例

$$L = \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

↑ 損失 ↑ 波長 ↑ 距離



Note: 周波数と波長
周波数2.4GHz 波長12.5cm
周波数100MHz 波長3m

電波伝搬の基礎：降雨の影響

- 2.4GHzでは、降雨による減衰は無いと考えてよい

Note: 気象庁HP(雨の強さと降り方)より

80mm/h以上(猛烈な雨): 息苦しくなるような圧迫感

50~80mm/h(非常に激しい雨): 滝のように降る

30~50mm/h(激しい雨): バケツをひっくり返したように降る

減衰係数 (dB/km)

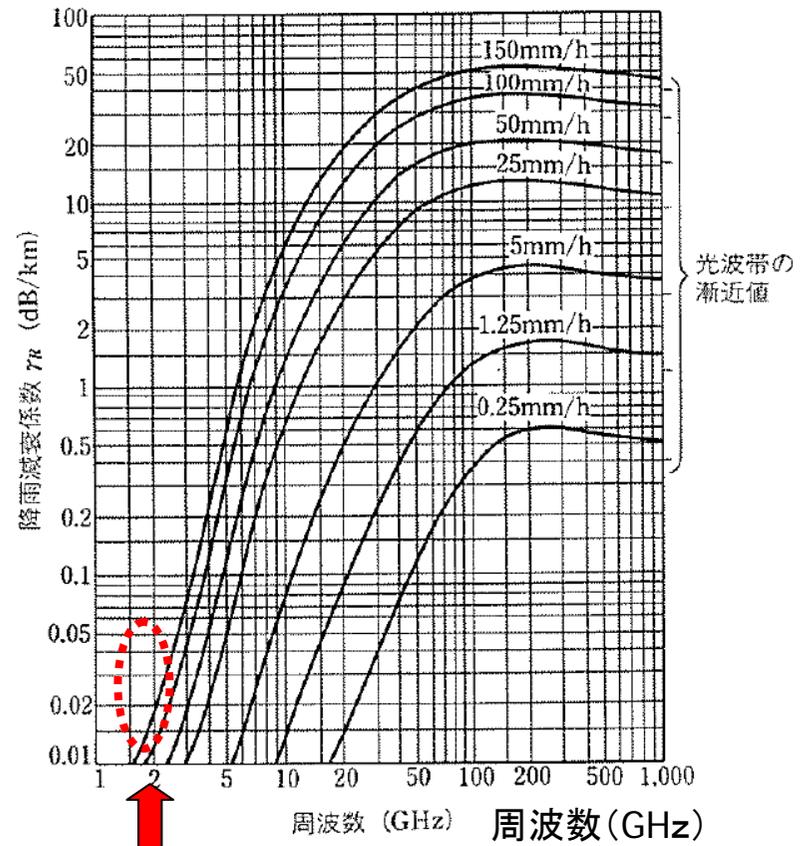


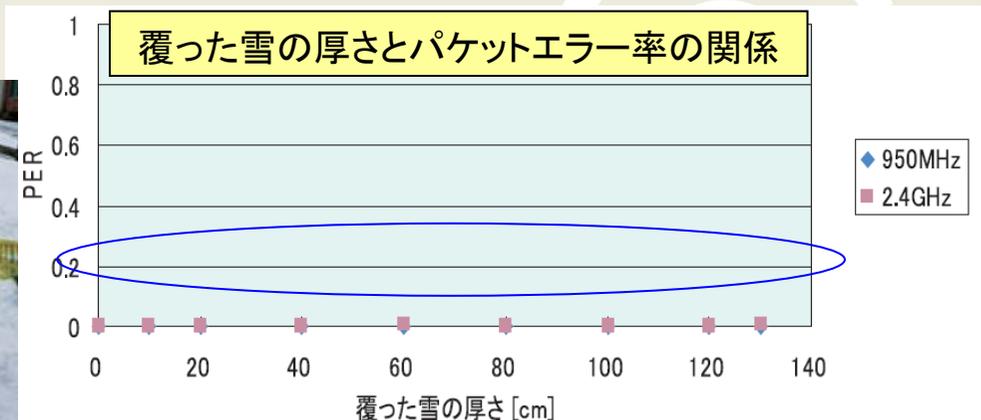
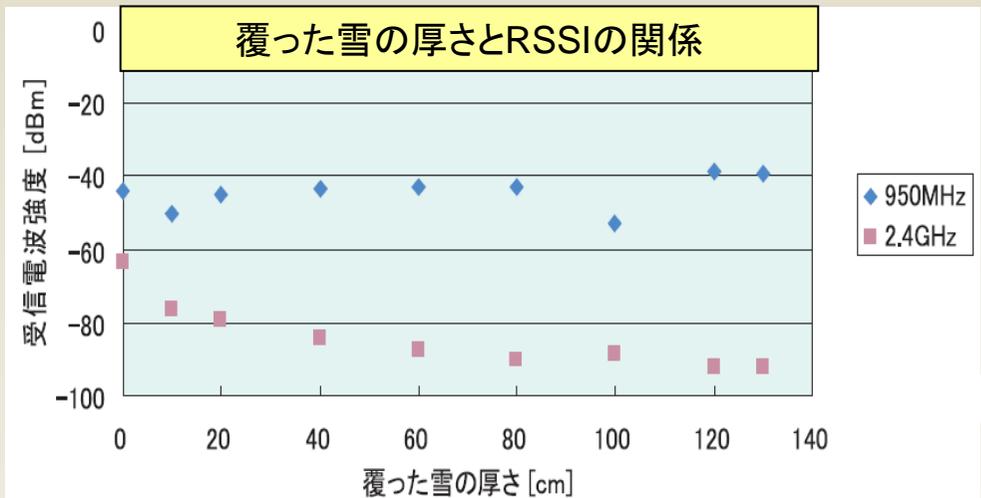
図 4.13 降雨減衰の周波数特性

Laws と Parsons の雨滴粒径分布, Gunn と Kinzer の降雨終端速度, 気温 20°C における水の屈折率 (出典: CCIR Rep. 721-3¹⁶)

「無線通信の電波伝搬」, (社)電子情報通信学会編

電波伝搬の基礎：積雪の影響

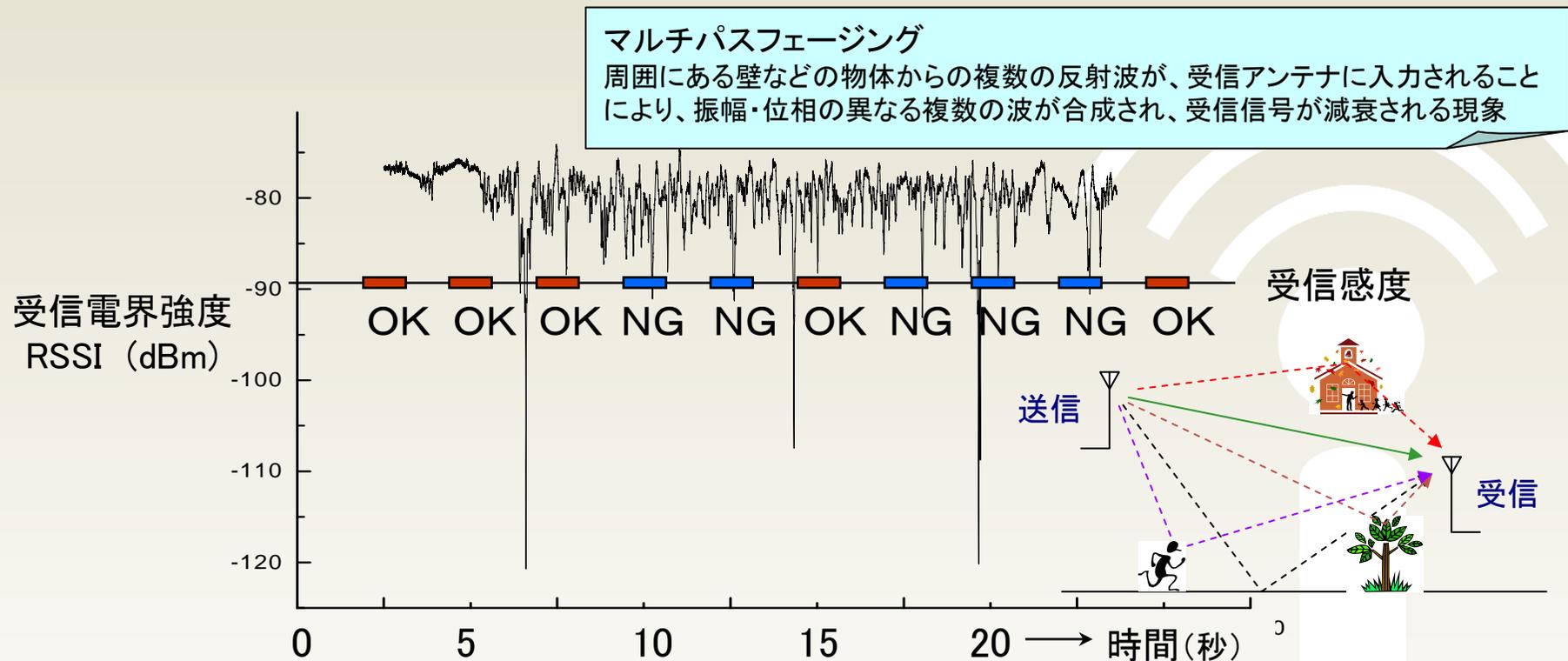
- 無線器を雪で覆い，覆った雪の厚さと受信電波強度，パケットエラー率，の関係を調査
- 数十cmの積雪では，受信電界強度は低下するものの，パケットエラー率には影響を及ぼさない



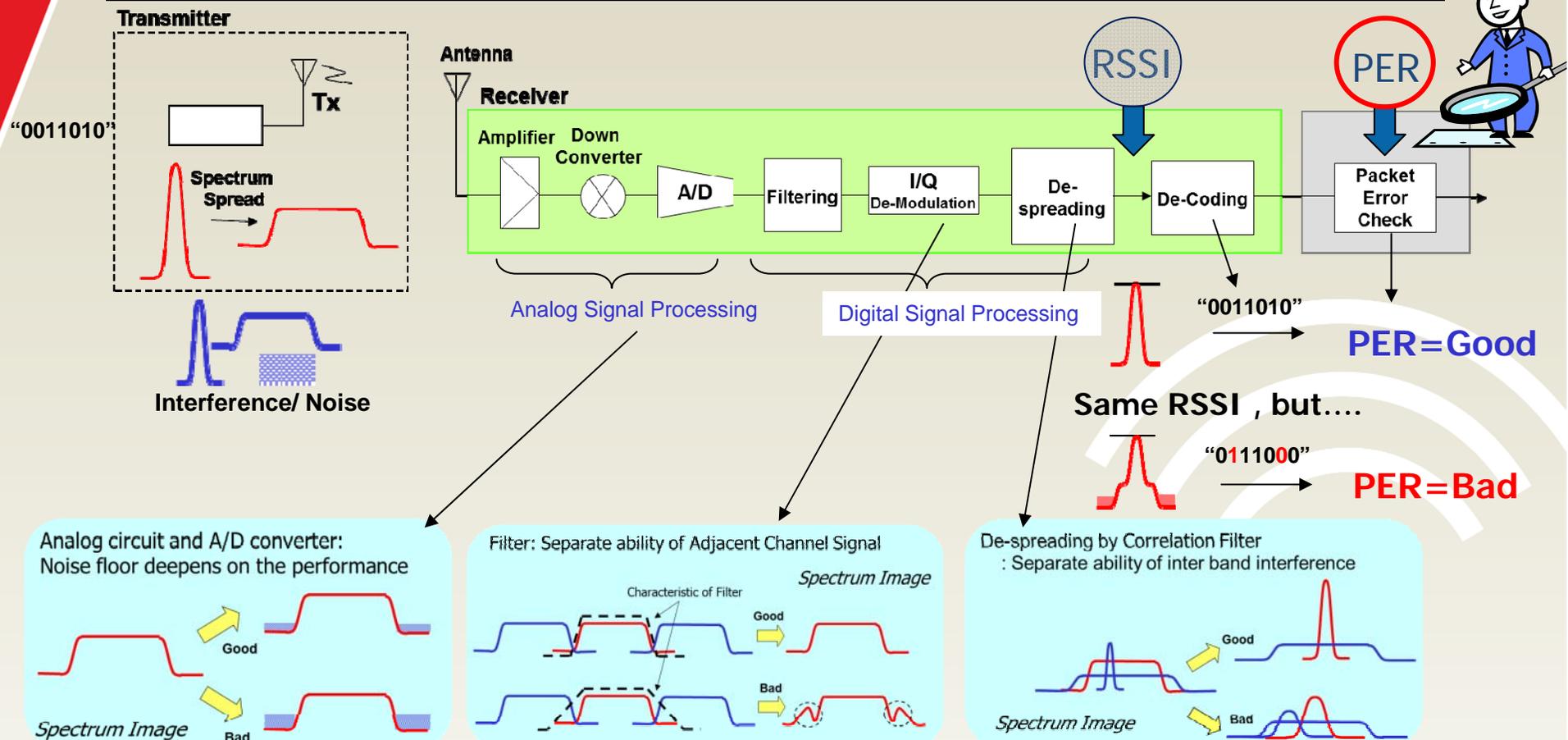
「山岳部における広域センサーネットワークの構築に関する調査検討会 報告書」, 総務省東北総合通信局

通信品質：パケットエラー率(PER)

- 電波の変動による影響も含んだ品質指標
 - マルチパスフェージングなどで電波が激しく変動する場合には, RSSIより正確な通信品質を表現



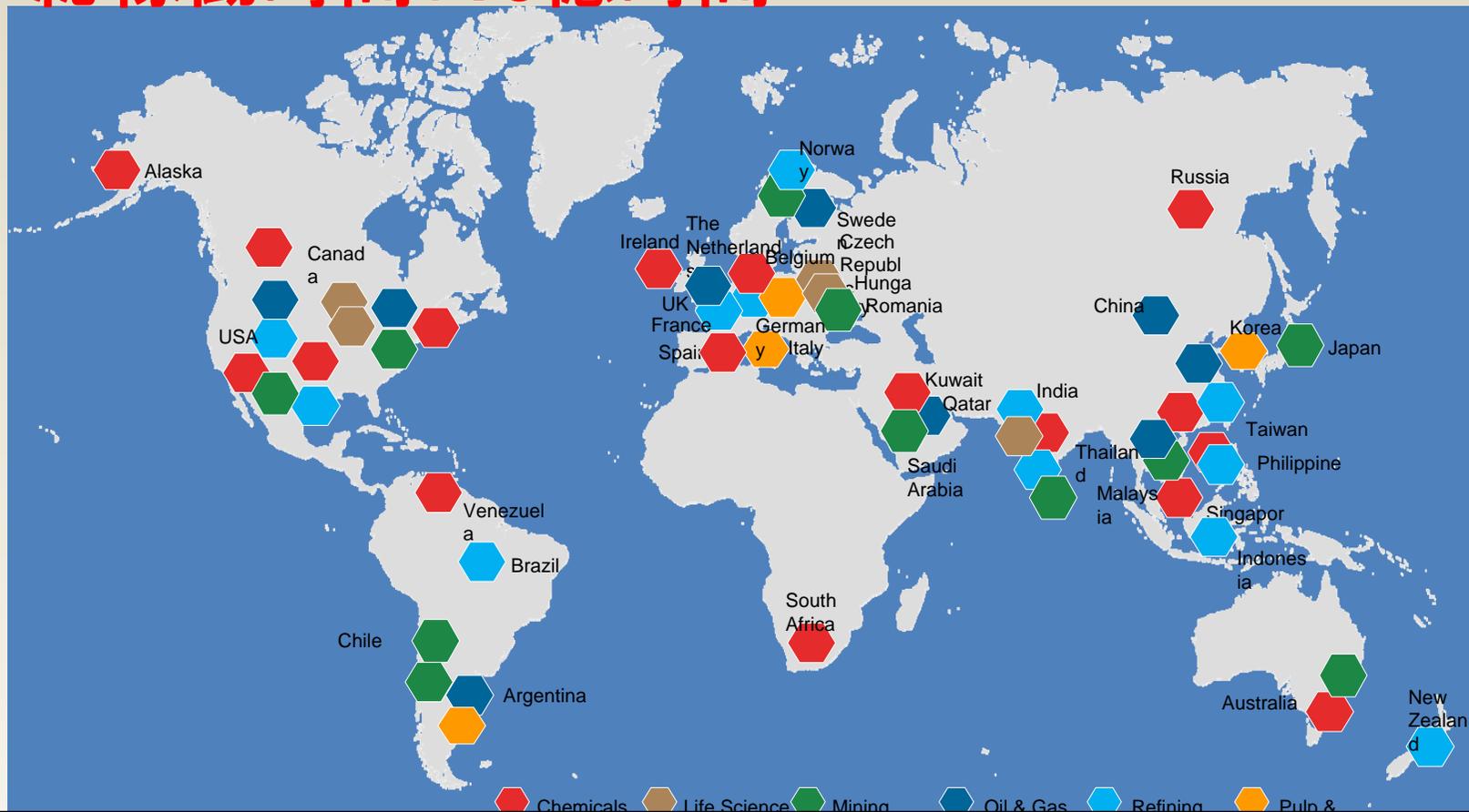
無線IC信号処理回路 から見たRSSI とパケットエラー率



- ラジオ規格は同じでも、性能は同じではない。特に、受信性能に注意が必要。
- 一般に、受信性能と消費電力はトレードオフの関係。
- RSSIは、信号と無関係な電波も計測する。したがって、通信の品質を確かめるには、パケットエラーを確認することが重要。

ISA100 Wireless グローバル導入実績

総稼働時間: 10億時間



- 計測制御分野においても、無線計装・無線利活用の時代が到来しつつあります。
- 適切な設計, 正しい評価・理解により, 無線への懸念は解消できます。
- **ISA WCI, ISA100 Wirelessの活用, 支援をお願い致します。**
 - ISA WCIは無線デバイス開発, フィールドテスト支援, など様々な形態での支援が可能です。
 - ぜひ, 計測展ブースへお越しください。(西2ホール, オープンネットワークゾーン)

ご清聴ありがとうございました。



ISA100.11a – A framework for innovation